



SCOTIAN SHELF REGIONAL GEOLOGY AND GEOPHYSICS

NOVA SCOTIAN MARGIN CRUSTAL TRANSECT

W. Kay, B. C. MacLean, and C. E. Keen

Recommended citation: Kay, W., MacLean, B. C., and Keen, C. E., 1991: Regional geology and geophysics 3: Nova Scotian margin crustal transect; in East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf; Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, p. 13.

Additional copies of this map may be obtained from the Geological Survey of Canada, Atlantic Geoscience Centre, P. O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Canada (Ph: 902-426-2773; FAX: 902-426-4266).

The magnetic anomaly and free-air gravity anomaly profiles, along the lines of the Nova Scotian margin crustal transect, are displayed on this map sheet (Fig. 1). The profiles show a prominent free-air gravity "high" over the edge of the shelf and a corresponding "low" over the slope and rise, which is due primarily to changes in crustal structure and water depth, and to flexure of the lithosphere under a large load of sediment (Beaumont et al., 1982). The East Coast Magnetic Anomaly (ECMA) is also observed over the shelf and rise but it is not as large as it is further south, along the margin of the eastern United States. The ECMA is generally associated with the continent-ocean boundary, but its cause is not well defined (Emery et al., 1970; Barrett and Keen, 1976; Klitgord and Behrendt, 1979). Seaward of the ECMA, few magnetic anomalies are observed within the Jurassic Quiet Zone.

The geological cross-section (Fig. 2) results from an interpretation of all relative seismic data including the following seismic reflection sections (Fig. 3a, c): (1) AGC, line 86-5AA, a deep line which exhibits reflectors down to Moho (Marillier et al., 1989) and; (2) Seiscan Delta Limited line 108, an industrial line representative of other regional exploration lines across the shelf and slope (Wade and MacLean, 1990). For the crustal representation, velocities were obtained from seismic refraction measurements reported by a variety of workers and summarized by Keen and Hyndman (1979) and Keen and Cordsen (1981). For the sediments, borehole logs were used to obtain velocities which were then extrapolated to basement. These velocities were used in the geological interpretation and in the conversion of seismic reflection data from time to depth. Also depicted is a line-drawing interpretation of line 86-5AA (Fig. 4) and a map showing transect location, depth to basement (Grant, 1990; map sheet Structure and Isopach 1, this volume), bathymetry, and location of refraction lines and selected boreholes (Fig. 5).

The geological cross-section was constructed in two segments. Segment A-B was interpreted from reflection line 86-5AA, using seismic refraction velocities where available. The crustal part of segment B-C was constrained by the seismic refraction measurements referred to above. The sedimentary section along segment B-C follows the interpretation shown on map sheets Seismic Expression 2 and 3 (this volume); it is a composite of regional seismic reflection data with emphasis on Shell Canada Limited 1981 line R2, and Seiscan Delta Limited line 108. These seismic data have been tied to deep borehole data.

Triassic rifting was accompanied by deposition of nonmarine clastic sediments within the rift basins. The accumulation of thick salt units in Early Jurassic time was followed by a period of carbonate deposition in Early-Middle Jurassic time. During this time, seafloor spreading began east of the rifted North American continent. This rift-drift transition does not appear to be marked by a period of uplift and erosion, or by the development of a breakup unconformity which is clearly recognized in the biostratigraphy and in seismic sections (Jansa and Wade, 1975).

However, rifting did affect the crustal structure below the shelf, where the crust is about one-half the thickness of that below Nova Scotia (~17 km compared to 35 km). As the ocean-continent boundary is approached, the continental crust thins (Keen and Hyndman, 1979; Keen and Cordsen, 1981). This thinned crust may be a measure of the amount of lithospheric extension which occurred during rifting (Royden and Keen, 1980; Beaumont et al., 1982). Also, the amount of thinning appears to be related to the amount of subsidence and therefore to the total sediment thickness. Thus, deep crustal structure is intimately related to the sedimentary basin distribution.

Near the ocean-continent transition, the continental crust exhibits velocities which are different from those associated with either oceanic or continental rocks. The transitional region is characterized by crustal velocities of 7.4 km/s, found within a 100 km wide zone off Nova Scotia (Keen et al., 1975). These velocities are typical of basaltic rocks such as gabbros, and may indicate that the thin continental crust was intruded or underplated by basaltic magma during rifting. The ocean-continent boundary occurs seaward of this zone of postulated underplating and intrusion, near the foot of the slope. The oceanic region seaward of this boundary represents the oldest North Atlantic oceanic crust generated in Jurassic time. This region lies within the Quiet Magnetic Zone

(Barrett and Keen, 1976), so no seafloor spreading anomalies are apparent. There is no evidence of anomalous oceanic crustal thicknesses, or oceanic basement highs near the transition region.

REFERENCES

Barrett, D. L., Berry, M., Blanchard, J. E., Keen, M. J., and McAllister, R. E.

1964: Seismic studies on the eastern seaboard of Canada: the Atlantic coast of Nova Scotia; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 1, p. 10-22.

Barrett, D. L. and Keen, C. E.

1976: Mesozoic magnetic lineations: the Magnetic Quiet Zone and seafloor spreading in the northwest Atlantic; Journal of Geophysical Research, v. 81, p. 4876-4884.

Beaumont, C., Keen, C. E., and Boutillier, R.

1982: On the evolution of rifted continental margins: comparison of models and observations for the Nova Scotian margin; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v. 70, p. 667-715.

Berger, J., Cok, A. E., Blanchard, J. E., and Keen, M. J.

1966: Morphological and geophysical studies on the eastern seaboard of Canada: the Nova Scotian Shelf; Royal Society of Canada, Special Publication 9, p. 102-113.

Emery, K. O., Uchupi, E., Phillips, J. D., Bowin, C. O., Bunce, E. T., and Knott, S. T.

1970: Continental rise off eastern North America; American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 54, no. 1, p. 44-108.

Grant, A. C. (comp.)

1990: Depth to basement of the continental margin of Eastern Canada; in Geology of the Continental Margin of Eastern Canada, (ed.) M. J. Keen and G. L. Williams; Geological Survey of Canada, Map 1707A, scale 1:5 000 000.

Jansa, L. F. and Wade, J. A.

1975: Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland; in Offshore Geology of Eastern Canada, Volume 2, Regional Geology, (ed.) W. J. M. van der Linden, and J. A. Wade; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 51-105.

Keen, C. E. and Cordsen, A.

1981: Crustal structure, seismic stratigraphy, and rift processes of the continental margin off eastern Canada: ocean bottom seismic refraction results off Nova Scotia; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 18, p. 1523-1538.

Keen, C. E. and Hyndman, R. D.

1979: Geophysical review of the continental margins of eastern and western Canada; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 16, p. 712-747.

Keen, C. E., Keen, M. J., Barrett, D. L., and Heffler, D. E.

1975: Some aspects of the ocean-continent transition at the continental margin of eastern North America; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, p. 189-197.

Klitgord, K. and Behrendt, J. C.

1979: Basin structure of the U.S. Atlantic margin; in Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, (ed.) J. S. Watkins, L. Montadert and P. Dickenson; American Association of Petroleum Geology, Memoir 29, p. 85-112.

Marillier, F., Keen, C. E., Stockmal, G. S., Quinlan, G., Williams, H., Colman-Sadd, S. P., and O'Brien, S. J.

1989: Crustal structure and surface zonation of the Canadian Appalachians: implications of deep seismic reflection data; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 26, p. 305-321.

Royden, L. and Keen, C. E.

1980: Rifting process and thermal evolution of the continental margin of eastern Canada determined from subsidence curves; Earth and Planetary Science Letters, v. 51, p. 343-361.

Wade, J. A. and MacLean, B. C.

1990: The geology of the southeastern margin of Canada; Chapter 5 in Geology of the Continental Margin of Eastern Canada, (ed.) M. J. Keen and G. L. Williams; Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 2, p. 167-238 (also Geological Society of America, The Geology of North America, v. I-1).

PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE GÉOLOGIE ET GÉOPHYSIQUE RÉGIONALES

TRANSECT DE LA CROÛTE DE LA MARGE NÉO-ÉCOSSAISE

W. Kay, B. C. MacLean, et C. E. Keen

Notation bibliographique conseillée: Kay, W., MacLean, B. C., et Keen, C. E., 1991: Géologie et géophysique régionales 3: transect de la croûte de la marge Néo-Écossaise; dans Série des atlas des bassins de la côte Est: plate-forme Néo-Écossaise; Centre géoscientifique de l'Atlantique, Commission géologique du Canada, p. 13.

Des copies supplémentaires de la carte peuvent être obtenues auprès de la Commission géologique du Canada, Centre géoscientifique de l'Atlantique, case postale 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 Canada tél (902) 426-2773, facsimilé (902) 426-4266.

Les profils des anomalies gravimétriques à l'air libre et des anomalies magnétiques, le long des segments du transect de la croûte de la marge Néo-Écossaise, sont figurés sur cette carte (fig. 1). Les profils des anomalies gravimétriques à l'air libre montrent une importante «crête» au-dessus de la bordure de la plate-forme continentale et un «creux» correspondant au-dessus du talus et du glacis, attribuable principalement à des changements dans la structure de la croûte et la profondeur de l'eau ainsi qu'à une flexure de la lithosphère sous une importante charge de sédiments (Beaumont et al., 1982). L'anomalie magnétique de la côte Est (AMCE) s'observe également au-dessus de la plate-forme continentale et du glacis mais elle n'est pas aussi large qu'au sud, le long de la marge de l'Est des États-Unis. L'AMCE est généralement associée à la limite continent-ocean mais son origine n'est pas encore bien définie (Emery et al., 1970; Barrett et Keen, 1976; Klitgord et Behrendt, 1979). Au large de l'AMCE, on a observé quelques anomalies magnétiques au sein de la zone de calme magnétique du Jurassique.

La coupe géologique (fig. 2) est le résultat d'une interprétation de toutes les données sismiques pertinentes dont celles des profils de sismique-réflexion suivants (fig. 3a, c): (1) profil 86-5AA du CGA; profil profond qui montre les réflecteurs jusqu'au Moho (Marillier et al., 1989) et; (2) profil 108 de la Seiscan Delta Limited; profil de l'industrie représentatif d'autres profils d'exploration régionaux traversant la plate-forme continentale et le talus (Wade et MacLean, 1990). Pour représenter la croûte, on a utilisé les vitesses enregistrées en sismique-réfraction par différentes sources et résumées par Keen et Hyndman (1979) et Keen et Cordsen (1981). En ce qui concerne les sédiments, on a utilisé des diagrapies de sondage pour déterminer les vitesses que l'on a extrapolées jusqu'au socle. Ces vitesses ont servi à l'interprétation géologique et à transformer les données temporelles de sismique-réflexion en profondeur. Sont également présentées, une interprétation à gros traits du profil 86-5AA (fig. 4) et une carte montrant la position des transects, la profondeur du socle (Grant, 1990; carte Structure et isopaches 1 du présent volume), la bathymétrie et la position des profils de réfraction et des sondages choisis (fig. 5).

La coupe géologique a été construite en deux segments. Le segment A-B est le résultat d'une interprétation du profil de réflexion 86-5AA, les vitesses de sismique-réfraction étant utilisées lorsqu'elles étaient disponibles. L'interprétation de la partie crustale du segment B-C a été encadrée par les mesures de sismique-réfraction susmentionnées. La coupe sédimentaire le long du segment B-C est conforme à l'interprétation des cartes Signature sismique 2 et 3 (dans le présent volume); elle combine des données de sismique-réflexion régionales et plus particulièrement les profils R2 du levé réalisé en 1981 par Shell Canada Limitée et 108 de la Seiscan Delta Limited. Ces données sismiques ont été rattachées aux données de sondages profonds.

Le rifting triasique a été accompagné du dépôt de sédiments clastiques non marins dans les bassins d'effondrement. L'accumulation d'épaisseurs unités de sel au Jurassique précoce a été suivie d'une période de sédimentation de roches carbonatées au Jurassique précoce-moyen. C'est durant cette période que l'expansion du fond océanique à l'est du continent nord-américain fracturé a débuté. Cette transition de la phase du rift à la phase de dérive continentale ne semble pas avoir été marquée par une période de soulèvement et d'érosion ni par la formation d'une discordance de rupture qui pourrait être reconnue de façon claire d'après les données biostratigraphiques ou sur les coupes sismiques (Jansa et Wade, 1975).

Cependant, le rifting a affecté la structure de la croûte au-dessous de la plate-forme continentale. À cet endroit, l'épaisseur de la croûte correspond à environ la moitié de celle observée dans la subsurface de la Nouvelle-Écosse (environ 17 km comparativement à 35 km). À mesure qu'on s'approche de la limite océan-continent, la croûte continentale s'amincit (Keen et Hyndman, 1979; Keen et Cordsen, 1981). Cette croûte amincie pourrait refléter l'importance de la distension lithosphérique survenue durant le rifting (Royden et Keen, 1980; Beaumont et al., 1982). En outre, l'amincissement semble être lié à l'importance de la subsidence et, de ce fait, à l'épaisseur totale des sédiments. Par conséquent, la structure de la croûte profonde est intimement liée à la distribution du bassin sédimentaire.

Près de la zone de transition océan-continent, les vitesses à travers la croûte continentale diffèrent de celles associées aux roches océaniques ou continentales. La zone de transition est caractérisée par des vitesses de 7,4 km/s, relevées dans une zone d'une largeur de 100 km au large de la Nouvelle-Écosse (Keen et al., 1975). Ces vitesses sont typiques des roches basaltiques comme les gabbros et pourraient indiquer que, durant le rifting, le magma basaltique se soit introduit dans la mince croûte continentale ou ait

migré à la base de cette dernière. La limite océan-continent se situe au large de cette zone où l'on présume la présence d'intrusions basaltiques ou d'une plaque de magma à la base de la croûte, près de la base du talus. La région océanique au large de cette limite est constituée de la croûte océanique la plus ancienne de l'Atlantique Nord formée durant le Jurassique. Cette région s'étend au sein de la zone de calme magnétique (Barrett et Keen, 1976) de sorte qu'aucune anomalie liée à l'expansion du fond océanique n'est apparente. On n'a relevé aucun indice d'épaisseurs anormales de la croûte océanique ni de hauteurs du socle océanique près de la zone de transition.

RÉFÉRENCES

Barrett, D. L., Berry, M., Blanchard, J. E., Keen, M. J., et McAllister, R. E.

1964: Seismic studies on the eastern seaboard of Canada: the Atlantic coast of Nova Scotia; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 1, p. 10-22.

Barrett, D. L. et Keen, C. E.

1976: Mesozoic magnetic lineations: the Magnetic Quiet Zone and seafloor spreading in the northwest Atlantic; Journal of Geophysical Research, v. 81, p. 4876-4884.

Beaumont, C., Keen, C. E., et Boutillier, R.

1982: On the evolution of rifted continental margins: comparison of models and observations for the Nova Scotian margin; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v. 70, p. 667-715.

Berger, J., Cok, A. E., Blanchard, J. E., et Keen, M. J.

1966: Morphological and geophysical studies on the eastern seaboard of Canada: the Nova Scotian Shelf; Royal Society of Canada, Special Publication 9, p. 102-113.

Emery, K. O., Uchupi, E., Phillips, J. D., Bowin, C. O., Bunce, E. T., et Knott, S. T.

1970: Continental rise off eastern North America; American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 54, no. 1, p. 44-108.

Grant, A. C. (comp.)

1990: Depth to basement of the continental margin of Eastern Canada; in Geology of the Continental Margin of Eastern Canada, (ed.) M. J. Keen and G. L. Williams; Geological Survey of Canada, Map 1707A, scale 1:5 000 000.

Jansa, L. F. et Wade, J. A.

1975: Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland; in Offshore Geology of Eastern Canada, Volume 2, Regional Geology, (ed.) W. J. M. van der Linden, and J. A. Wade; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 51-105.

Keen, C. E. et Cordsen, A.

1981: Crustal structure, seismic stratigraphy, and rift processes of the continental margin off eastern Canada: ocean bottom seismic refraction results off Nova Scotia; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 18, p. 1523-1538.

Keen, C. E. et Hyndman, R. D.

1979: Geophysical review of the continental margins of eastern and western Canada; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 16, p. 712-747.

Keen, C. E., Keen, M. J., Barrett, D. L., et Heffler, D. E.

1975: Some aspects of the ocean-continent transition at the continental margin of eastern North America; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, p. 189-197.

Klitgord, K. et Behrendt, J. C.

1979: Basin structure of the U.S. Atlantic margin; in Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, (ed.) J. S. Watkins, L. Montadert and P. Dickenson; American Association of Petroleum Geology, Memoir 29, p. 85-112.

Marillier, F., Keen, C. E., Stockmal, G. S., Quinlan, G., Williams, H., Colman-Sadd, S. P., et O'Brien, S. J.

1989: Crustal structure and surface zonation of the Canadian Appalachians: implications of deep seismic reflection data; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 26, p. 305-321.

Royden, L. et Keen, C. E.

1980: Rifting process and thermal evolution of the continental margin of eastern Canada determined from subsidence curves; Earth and Planetary Science Letters, v. 51, p. 343-361.

Wade, J. A. et MacLean, B. C.

1990: The geology of the southeastern margin of Canada; Chapter 5 in Geology of the Continental Margin of Eastern Canada, (ed.) M. J. Keen and G. L. Williams; Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 2, p. 167-238 (also Geological Society of America, The Geology of North America, v. I-1).

Publication de la Commission géologique du Canada également disponible en français